

УДК 622.691.4

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ

*Л.С. Шлапак, М.В. Панчук, І.Д. Пушкедра, О.М. Матвієнків*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 506612  
e-mail: ztk@nung.edu.ua*

*Обобщены отечественные и зарубежные технологии ремонта трубопроводных систем. Проведенный анализ показал, что наименее энергозатратными и наиболее эффективными являются безтраншейные методы реконструкции трубопроводов*

*General Ukrainian and foreign technologies of pipeline systems reconstruction. The analysis showed that the least power-consuming and the most effective are non-trench methods of pipeline reconstruction.*

Загальна довжина газорозподільних мереж у всьому світі складає близько 5млн.кмв. В цих системах використовуються труби, виготовлені з різних матеріалів. На початковій стадії газифікації у європейських країнах встановлювались здебільшого чавунні труби. Деякі з них все ще залишаються в експлуатації, термін якої перевищує 125 років [1]. Пізніше почали використовувати сталеві трубопроводи, а, починаючи з середини минулого сторіччя, в газорозподільних системах використовують полімерні труби. Використання поліетиленових труб для газопроводів мають такі переваги:

- термін їх експлуатації більший, ніж у металевих (гарантійний термін складає 50 років);
- не потребують катодного захисту і тому майже не потребують обслуговування;
- поліетиленові труби в 2-4 рази легші за сталеві;
- поліетиленові труби здатні витримувати змінні навантаження від ґрунту;
- поліетиленові труби діаметром від 20 до 110 мм випускаються бухтами від 50 до 500 метрів;
- стикове зварювання поліетиленових труб значно дешевше, простіше та займає менше часу;
- поліетиленовий стик у процесі монтажу та в ході експлуатації не потребує додаткових витратних матеріалів (ізоляції, електродів);
- допускається використання терморезисторних муфт, при цьому процес зварювання значно спрощується;
- термін підготовки зварювальників для поліетиленових труб значно менший, ніж для сталевих;
- висока еластичність труб, а також низька шорсткість їх внутрішньої поверхні;
- можливість прокладання газопроводу шляхом протягування.

У процесі будівництва розподільних газопроводів в Україні використовують труби із поліетилену марок ПЕ80 і ПЕ100, що виготовляються згідно ДСТУ В.2.7-73-98 «Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови». Цим стандартом передбачається виготовлення труб із зовнішнім діаметром від 14 до

400 мм, стандартним розмірним співвідношенням SDR 17,6 (для газопроводів робочим тиском до 0,3 МПа) та SDR 11 (до 0,6 МПа).

Слід зауважити, що використання поліетилену марки ПЕ100 уможливило виробництво труб з меншою товщиною стінки, які розраховані на більш високий робочий тиск. Наприклад, труби з SDR 11 дають змогу реалізовувати подавання газу за тиску 1,0 МПа, з коефіцієнтом запасу міцності труби 2. Якщо тиск газу відповідає 0,4 МПа, то коефіцієнт запасу міцності труби буде дорівнювати 5,0.

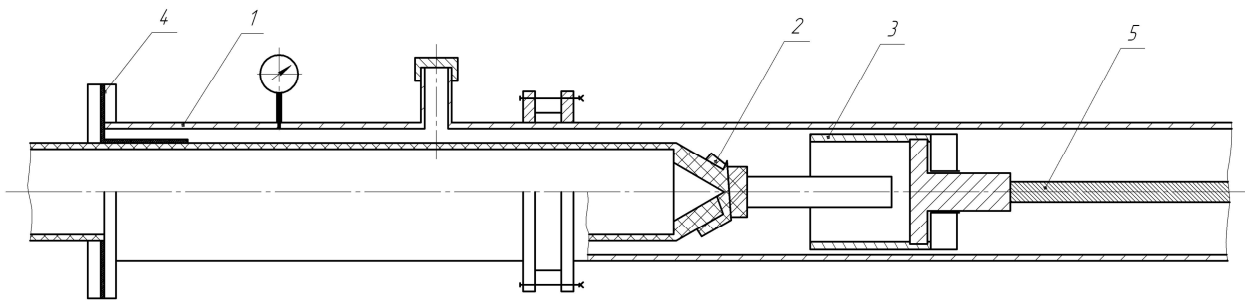
Труби з поліетилену марки ПЕ100 мають більш високий показник MRS (мінімальна тривала міцність) тому їх доцільно використовувати для реновації (відновлення) старих металевих трубопроводів. Ці трубопроводи порівняно з рівновідносними з марки ПЕ80 дешевші, легші, менше змінюють пропускну здатність газопроводів, проте легше деформуються.

Терміни експлуатації сталевих трубопроводів є досить обмеженими. Старіння труб призводить до погіршення експлуатаційних характеристик трубопроводів. Тому своєчасне відновлення початкового технічного рівня газопроводу є досить важливим. З метою відновлення пошкоджених корозійним руйнуванням металевих трубопроводів застосовують різні методи, для реалізації яких необхідне розкопування траншеї, що пов'язане з великими затратами часу, технічних і матеріальних засобів.

Існує низка методів безтраншейного ремонту трубопроводів, основними з яких є короткий і довгий релайтинг (протягування); редуційний релайтинг; U-Liner; технологія «Фенікс», NOVA-3 та інші [2].

На сьогодні найбільш ефективним та найменш енергозатратним методом відновлення трубопроводів є метод протягування в сталевий трубопровід секцій з поліетиленових труб – релайтинг (рис. 1). Під час релайтингу поліетиленовими трубопроводами не мають значення вид та місце корозії, оскільки труба, що втягується, – це однорідний канал із самонесучою конструкцією.

Перед проведенням реновації необхідно виконати певний комплекс підготовчих робіт. На початковому етапі визначають ступінь



1 – сталевий трубопровід; 2 – фіксатор поліетиленової труби; 3 – калібр;  
4 – захисні елементи труб; 5 – трос

Рисунок 1 — Релайтинг поліетиленової труби

пошкодження трубопроводу із застосуванням спеціальних телекамер та фіксацію пошкоджених місць. Далі очищують внутрішню поверхню металічної труби від різних забруднень. У деяких випадках здійснюють піскоструменеве очищення труб.

Загальноприйнята технологія футерування трубопроводів визначається ступенем їх пошкодження, тобто без порушення, або з порушенням їх герметичності. У першому випадку трубопровід розбивають на ділянки, величина яких залежить від рельєфу місцевості та технічної можливості протягування поліетиленових трубопроводів, у другому – місця з наскрізними пошкодженнями є також границями ділянок.

Для визначення довжини прямолинійної секції пластмасових труб, котру без ризику її розриву можна протягнути крізь сталевий трубопровід, можна застосувати формулу:

$$L = b \cdot \frac{S \cdot R}{\gamma}, \quad (1)$$

де:  $b$  – коефіцієнт пропорційності;

$S$  – площа поперечного перерізу труби,  $\text{см}^2$ ;

$R$  – розрахунковий опір розриву поліетилену, МПа;

$\gamma$  – маса 1 м довжини труби, кг.

Тягове зусилля, необхідне для протягування прямолинійної секції пластмасових труб, можна знайти за формулою:

$$N = k \cdot Q \cdot f, \quad (2)$$

де:  $k$  – коефіцієнт тертя поліетилену до сталі;

$Q$  – маса секції, кг;

$f$  – коефіцієнт відривання (зсування з місця) секції, рівний  $f = 2 \cdot k$ .

За наявності криволінійних ділянок зусилля може бути знайдене за формулою

$$N_{\alpha} = \frac{N}{\cos \alpha}, \quad (3)$$

де  $\alpha$  – кут повороту, градус.

За наявності криволінійної ділянки трубопроводу окрім основних напружень в матеріалі труби виникають згинаючі напруження. Згинальний момент можна знайти за формулою

$$M = \frac{E \cdot I}{R}, \quad (4)$$

де  $E$  – модуль пружності поліетилену, МПа;

$I$  – момент інерції,  $\text{см}^4$ ;

$R$  – радіус кривизни кута повороту труби в плані.

Сумарні напруження в трубі  $\sigma_n + \sigma_s \leq R$  не повинні перевищувати розрахунковий опір в поліетилені.

Пошкоджений сталевий трубопровід відкривається по кінцях ділянок та вирізаються катушки. Протягування поліетиленових труб, діаметр яких на 20-50 мм менший за внутрішній діаметр сталевих трубопроводів, здійснюють за допомогою лебідки або трактора. Для захисту поліетиленової труби від механічних пошкоджень ззовні на пластмасову трубу через кожні три метри натягують захисні кільця. Залежно від величини робочого тиску трубопроводу міжтрубний простір може бути залитий тампонажними розчинами.

Недоліки даного методу такі:

– зменшується внутрішній діаметр відновленого газопроводу;

– існує небезпека пошкодження зовнішньої поверхні поліетиленової труби, що надалі може вплинути на стійкість до поширення «швидкої» та «повільної» тріщини.

Ефективність наведеної технології відновлення трубопроводу очевидна, проте ця схема не може бути застосована для проведення ремонту підводних ділянок трубопроводу з наскрізними пошкодженнями. Складність полягає у наявності наскрізного дефекту: протягування пробки з тросом внаслідок падіння тиску після проходження пробкою наскрізного дефекту є неможливим.

Тому для відновлення трубопроводу за таких умов було розроблено технологію протягування технологічного троса в пошкоджену ділянку, що передбачає систему, що складається з двох механізмів-пробок [3].

Пробка, що має зворотній клапан, вузол стопоріння та стикувальний елемент, проштовхується робочою рідиною та тягне за собою трос. Після проходження наскрізного свища тиск робочої рідини в трубопроводі спадає,



**Рисунок 2 — Ремонт трубопроводу за допомогою композитних підсилюючих бандажів фірми «Поліпромсинтез»**

пробка зупиняється та стопориться від зворотного ходу.

Після цього з протилежного кінця ділянки трубопроводу за аналогічною схемою запускається друга пробка. При цьому застопорена пробка через зворотний клапан перепускає повітря та рідину, які витісняє друга пробка. Після цього стикувальний елемент другої пробки взаємодіє зі стикувальним елементом першої і весь «механізм» транспортується в один з боків. Через трубопровід з порушеною герметичністю пропускається трос з метою забезпечення протягування секції поліетиленових труб. Дана технологія уточнюється нами з врахуванням наведених вище розрахункових формул з метою застосування її для виконання конкретних ремонтних робіт.

Також слід згадати технологію відновлення сталевих труб методом редуційного релайтингу, який полягає в протягуванні поліетиленової труби діаметром, рівним діаметру труби. Поліетиленова труба нагрівається до певної температури і протягується крізь редуційне кільце. Зменшення діаметра труби дає можливість швидко протягнути її крізь сталеву. Після введення поліетиленової труби під дією тиску газу вона відновлює свій початковий розмір і щільно прилягає до стінок сталеві.

Технологія U-Liner полягає в попередньому виготовленні поліетиленової труби С-подібної форми методом завальцювання напівсферичним роликом, внаслідок чого зменшується її діаметр. Ззовні труба С-подібної форми фіксується за допомогою спіралью навитої плівки. Після протягування такої труби крізь сталеву та під'єднання її до наявних комунікацій після подавання води під тиском труба розпрямляється і щільно прилягає до стінок металеві труби. Перевагами даного методу є само-

розпрямлення поліетилену під дією тиску води та відсутність потреби у використанні компресорів.

Невелике зменшення внутрішнього перерізу після проведення відновлення сталевих трубопроводів компенсується збільшенням подачі газу за рахунок зменшення падіння тиску, спричинене зменшенням тертя між внутрішньою стінкою труби і транспортованим газом.

Особливістю ремонту газопроводів, що мають локальні дефекти є те, що в більшості випадків транспортування газу не припиняється. Досить ефективними в даному випадку є композитні підсилюючі бандажі фірми «Поліпромсинтез» (рис. 2). Їх використання уможливорює проведення ремонтних робіт на газопроводах, що мають такі дефекти:

- зовнішня корозія стінки труби до 80%;
- внутрішнє розшарування стінки труби;
- дефекти зварного шва;
- механічні пошкодження;

За допомогою бандажів «Поліпромсинтез» можна підсилювати несучу здатність труби, що обумовлює переведення ділянки трубопроводів у вищу категорійність, а також дає змогу виконувати ремонт балочних переходів.

Існує технологія внесення всередину аварійної ділянки трубопроводу полімерної смоли. Безпосередньо після цієї операції в газопровід вводять спеціальний пристрій, який переміщається вздовж відрізка трубопроводу, що піддається реновації. Смола рівномірно наноситься на внутрішню поверхню газопроводу, а надлишки її усуваються. Після завершення процесу полімеризації та затвердіння смоли газопровід випробовують під тиском. Метод застосовують для відновлення аварійних газопроводів виведених з експлуатації [4].

Наведені методи відновлення трубопроводів мають явні переваги та недоліки. Тому, приймаючи рішення про застосування відповідної технології ремонту, необхідно враховувати низку чинників: ступінь і характер пошкодження трубопроводу, технічну можливість і вартість проведення земляних робіт, терміни реконструкції. Загалом варто зауважити, що безтраншейний метод ремонту сталевих газопроводів має велику економічну ефективність. Приблизна вартість робіт складає: короткий і довгий релайтинг – близько 100 грн. за 1 погонний метр, метод U-Liner – близько 1200 грн.

Матеріали, що використовуються для реновації газопроводів, мають значний термін експлуатації, стійкі до навантажень. Застосування розглянутих нами технологій реновації гарантує збільшення терміну надійної і безаварійної експлуатації газопроводів, відсутність корозії, конструкційну однорідність нового каналу, високу економічність.

В середньому 95% від загального об'єму робіт з прокладання та реконструкції підземних комунікацій в Євросоюзі проводяться з використанням безтраншейних технологій.

### *Література*

- 1 Уолтес М. Полимеры, используемые в Европе при производстве труб для газораспределительных сетей / М. Уолте, Б. Веккеринк // Инженерные сети из полимерных материалов. - 2007. - №3. - С. 43 – 45.
- 2 Круп'як І. М. Інженерні мережі з полімерів: посібник / І.М. Круп'як – Львів: ЕКОінформ, 2008. – 372 с.
- 3 Агапчев В.И. Использование труб из термопластов для строительства и ремонта трубопроводов / В.И. Агапчев, Д.А. Виноградов // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 2005. – №5. – С. 19 – 22.
- 4 Клюпа А. Замена или восстановление? / А.Клюпа // Инженерные сети из полимерных материалов. – 2004. – №4. – С. 28 – 30.